УДК 658.513.4

© Я. В. Жаров, канд. техн. наук, доцент
(Национальный исследовательский Московский
государственный строительный университет)
E-mail: ZharovYaV@mgsu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-6-193-199

© Ya. V. Zharov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(National Research Moscow State University
of Civil Engineering)
E-mail: ZharovYaV@mgsu.ru

ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО БЛОКА ПЛАНИРОВАНИЯ

ORGANIZATIONAL TECHNOLOGICAL DESIGN IN CONSTRUCTION BASED ON AN INTELLIGENT PLANNING UNIT

В рамках исследования предлагается разделить проектные и организационно-технологические решения, принятые для решения отдельных задач, а изменения в окружающей среде принять условно стремящимися к минимуму на отдельном временном промежутке жизненного цикла проекта, и предоставить лицам, принимающим решения, актуальную и точную информацию. Описан процесс формирования информационной модели проекта на основе интеллектуального блока планирования. Интеллектуальный блок планирования представляет собой четко определенную единицу планирования, которая может быть инициирована для достижения конкретной цели, например формирования затрат, расписания, потребности в материалах.

Ключевые слова: организационно-технологическое решение, индивидуальный блок планирования, информационная модель проекта, информационное моделирование.

Within the framework of the study, due to complexity of the process of planning and implementing an investment and construction project (ISP), it is proposed to separate the design and organizational-technological decisions, which are made to solve individual tasks, and regard changes taking place in the environment as conditionally aspiring to minimum during a separate time period of the project life cycle. The people who are responsible for taking decisions in course of the project implementation should be provided with accurate information. The article presents a description of the process of forming the project information model based on the intelligent planning block. An intelligent planning block is a well-defined planning unit that can be initiated to achieve a specific goal, such as costing formation, scheduling, material requirements, etc.

Keywords: organizational and technological solution, individual planning unit, project information model, information modeling.

Введение

Процесс планирования и реализации инвестиционно-строительного проекта (ИСП) является крайне трудоемким. Организация этого процесса осложняется необходимостью увязки работы большого числа участников реализации ИСП. Наряду с организационными сложностями существует ряд сугубо технических и технологических проектных решений, влияющих на ключевые показатели ИСП (время, стоимость, качество и безопасность), увязка которых осуществляется как во времени, так и в пространстве. В случаях планирования и реализации уникальных и технологических сложных объектов зачастую обойтись без систем информационного

моделирования просто невозможно, так как это влечет за собой оставление без учета большого числа рисков выполнения проекта с сохранением ключевых показателей по нему.

Построение комплексной системы трехмерной визуальной модели с учетом технических параметров проектируемого объекта обеспечивает так называемую базу информационной модели проекта. Однако базовые информационные модели объектов не могут быть использованы для решения задач организационно-технологического проектирования на ранних стадиях реализации проекта, а также своевременно выполнять функции организации и оптимизации требуемых ресурсов (трудовые ресурсы, материалы, машины

и механизмы). Поэтому довольно сложно выполнить проект так, чтобы он отвечал ожиданиям заказчика по различным параметрам (время, стоимость, качество и безопасность) [1, 2].

1. Методы

Для решения вышеописанных задач необходимо уменьшить сложность системы внешних факторов и предоставить ответственным лицам точную сводную информацию по отдельным технологическим составляющим и проекту в целом [3]. Эффективный метод определения наиболее значимых критериев эффективности организационно-технологических решений — метод экспертных оценок. Результатом экспертных оценок является количественная шкала, в которой можно выразить сравнения пар претендентов (параметров) [4, 5]. Количественные оценки для парных сравнений задаются в этой шкале и представляются матрицей размера $n \times n$. Основываясь на актуальных результатах научных исследований, формируем матрицу значимости (см. таблицу).

В результате сравнительного анализа экспертных оценок получаем критерии, на основе которых необходимо сформировать интеллектуальный блок планирования.

2. Область применения результатов

В соответствии со структурной схемой (рисунк), базой интеллектуального блока планирования является конструктивный блок — визуальная

трехмерная модель, созданная в специализированном приложении. Для оптимизации процесса проектирования предполагается использовать единую модель для всех участников проектирования, развивая ее детали в процессе реализации проекта. При решении пространственных коллизий графическая модель должна отражать не только конструктивные элементы проекта, но и оборудование, инженерные системы, а также временные здания и сооружения, монтажные проемы и многое другое, в зависимости от задач проекта [6]. При разработке стандарта информационной модели особое внимание следует уделить центральной библиотеке BIM-ресурсов, которая при должном наполнении существенно снижает трудоемкость процесса создания модели [7].

Уже на ранних стадиях разработки проектных решений требуется определить финансовые показатели проекта. В настоящее время в значительном количестве случаев основой для такой оценки являются объекты-аналоги. Точность такого метода не всегда бывает достаточной, в особенности для уникальных проектов. Рост числа нетиповых проектов, сложных как с конструктивной, так и с технологической точек зрения, требует более точной оценки стоимости реализации проекта. Чем раньше такая оценка будет проведена, тем с большей вероятностью заказчик и инвестор примут более эффективное решение [8–12].

Весовые коэффициенты параметров

Параметры	Климатические условия	Информационные технологии	Надзор за строительством	Квалификация работников и инженеров	Количество рабочих
Эффективность ТЭП	0,15	0,19	0,19	0,29	0,18
Безопасность. Требования безопасности и охраны труда	0,21	0,15	0,22	0,27	0,15
Гибкость ресурсов. Потребность в материально-технических ресурсах	0,16	0,22	0,19	0,26	0,17
Сохранение. Организация и технология работ	0,18	0,21	0,19	0,25	0,17
Качество. Требования к качеству и приемке работ	0,14	0,17	0,26	0,28	0,15

В случае реализации проекта в соответствии с информационным стандартом ресурсно-стоимостной блок позволяет решить научно-техническую задачу уточнения стоимости. Деление объекта на единичные элементы позволяет оценить их стоимость, что призвано увеличить точность предварительных оценок, несмотря на использование укрупненных показателей на ранних стадиях проекта. Аналогично конструктивному блоку точность таких оценок напрямую

зависит от наполнения центральной библиотеки информационных ресурсов [13, 14].

Интеграция ресурсно-стоимостного и конструктивного блоков информационной модели объекта позволяет оценивать изменения стоимости проекта в процессе внесения изменений в архитектурные, конструктивные и организационно-технологические части проекта. Реализация оперативных оценок стоимости ИСП на сегодняшний день является одной из

Структурная схема интеллектуального блока планирования

актуальных научно-практических задач строительной отрасли.

Использование визуализации процессов реализации проекта совместно с системой календарного планирования позволяет оптимизировать коммуникации между участниками реализации ИСП [15]. Поскольку все участники работают с единой моделью объекта, разница в их опыте уже не так существенна.

Технологический блок представляет собой совокупность организационно-технологических решений по проекту, объединенных в систему календарного планирования. В этом случае связь между конструктивным и технологическим блоками работает аналогично связи «конструктивный блок – ресурсно-стоимостной блок». Дополнительным преимуществом становления связи конструктивного и технологического блоков является возможность проектировщика обнаруживать противоречия в логике первоначального календарного графика, что в случае рассмотрения календарного планирования в отрыве от конструктивного блока требует значительных ресурсов и нецелесообразно на этапе итерации проектных решений [16, 17].

Аналитический блок отвечает за сбор, классификацию и структурирование информации, связанной с особенностью элементов модели: различные конструктивные нагрузки, особенности и требования к материалам или другим ресурсам, применяемым для конкретного элемента модели. При реализации крупных проектов строительной отрасли часто встречаются задачи, решить которые можно только при помощи методов компьютерного моделирования [10]. Для решения этой задачи в строительной отрасли достаточно широко применяются программные комплексы параметрического моделирования в строительстве. С учетом необходимой детализации параметрической модели проекта большинство проблемных моментов и спорных решений удастся разрешить еще на стадии проектирования, что позволяет минимизировать простои на строительной площадке. Информационная модель — один из лучших способов визуализировать процесс строительства до его фактического начала, с ее помощью пользователи могут пройти через процесс строительства и выявить потенциальные проблемы реализации проекта.

Организация работ на строительной площадке становится максимально актуальной задачей, когда объекты находятся в пределах сложившейся городской застройки или вблизи других важных объектов [18]. В случаях стесненных условий строительства, когда площадь строительной площадки сопоставима с фактической площадью самого здания или сооружения, планирование строительной площадки необходимо выполнять более детально на всех этапах реализации процесса строительства. Несмотря на требования проекта производства работ, поставки материалов и других ресурсов согласно соответствующему графику, на практике материалы могут поступать с задержкой, это повлияет на расписание проекта и вызовет отставание последующих работ [19, 20]. Однако если ресурсы поступают на площадку слишком рано, это может привести к перегруженности и дефициту рабочих фронтов. Таким образом, материалы должны быть доставлены в то время, когда доступен фронт работ для их применения, чтобы минимизировать задержки и не создавать дефицит места на строительной площадке [21].

Все эти данные отражаются в динамическом блоке многомерной модели строительства. Руководитель проекта, используя актуальную информацию, может как корректировать ход проекта, так и управлять поставками и движением рабочей силы, а также контролировать перемещение машин и механизмов. В этом случае основная задача, требующая дополнительных трудозатрат, — организация ввода фактических данных о ходе продвижения проекта. В зависимости от динамики проекта это может быть реализовано за счет ежедневной или еженедельной отчетности подрядных организаций, исполнителей с непосредственным контролем от заказчика. Менеджеры проектов могут также использовать многомерную модель для определения наилучшего способа распределения рабочего пространства путем создания альтернативных сценариев в модели объекта [21].

Поскольку организационно-технологическое проектирование представляет собой сложную систему объектов и процессов, система может быть составлена с учетом необходимого уровня масштабируемости: от наномасштабного уровня (для единичного блока) до крупномасштабного

уровня — для оценки проекта по укрупненным показателям на ранних стадиях его реализации. Точно так же планирование может выполняться в масштабируемых модулях или блоках, которые были тщательно разработаны и оптимизированы с четко определенной целью.

Выводы

Системный подход к применению актуальных процессов планирования и организации производства позволяет минимизировать затраты на реализацию проекта путем обнаружения критических мест проекта, таких как пространственно-временные конфликты, безопасность на строительной площадке, а также вопросы, связанные с перемещением трудовых и материальных ресурсов. Описанная в статье система информационного моделирования помогает создавать более приближенные к реальности проекты организации строительства, более точные календарные графики и сметную документацию. Визуализация процессов строительства позволяет выбирать наиболее подходящий метод строительства путем рассмотрения альтернативных сценариев строительства.

Библиографический список

1. Мухаметзянов З. Р., Разяпов Р. В. Разработка организационных решений на основе технологического взаимодействия между строительными работами и процессами // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018. № 1 (49). С. 65–71.
2. Алексанин А. В. Вопросы устойчивого развития строительства в резолюции ООН // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2017. № 7. С. 28–31.
3. Сборщиков С. Б., Лейбман Д. М. Связи в системе стратегического контроллинга как основа обеспечения эффективного контура управления инвестиционно-строительной деятельностью на корпоративном уровне // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2018. № 1. С. 111–116.
4. Волков А. А., Сборщиков С. Б., Хрипко Т. В. Формализованное описание процедуры оценки предложений претендентов (организатора строительства и подрядных компаний) при инжиниринговой схеме управления // Вестник МГСУ. 2016. № 10. С. 105–111.
5. Mukhametzyanov Z. R., Razyapov R. V. Mechanism of development of organizational solutions based on a technological interaction between construction works and processes // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2018. № 3 (39). Pp. 85–92.
6. Шинкарева Г. Н. Модель инжиниринговой схемы организации строительства в перспективе жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13, № 9 (120). С. 1090–1105.
7. Белякова А. П., Ковалева Л. С. BIM-технологии: преимущество внедрения в инвестиционно-строительные проекты российских компаний // Экономика и предпринимательство. 2017. № 4–2 (81). С. 642–647.
8. Алексанин А. В., Маркевич А. И. использование аддитивных технологий при возведении зданий // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2017. № 6. С. 62–65.
9. Сборщиков С. Б., Лазарева Н. В., Жаров Я. В. Структура и состав системотехнической модели устойчивого развития инвестиционно-строительной деятельности // Вестник МГСУ. 2014. № 2. С. 210–218.
10. Жаров Я. В. Многомерное моделирование на основе блочно-кластерной структуры модели // Научное обозрение. 2015. № 16. С. 432–436.
11. Сборщиков С. Б., Журавлев П. А., Бахус Е. Е. Номенклатура работ и затрат на обеспечение качества строительной продукции: методы ее идентификации // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 3. С. 76–79.
12. Жаров Я. В. Оценка параметров организационно-технологических решений на основе нейросетевых моделей // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. 2018. № 2. С. 110–115.
13. Tah J. H. M., Carr V. A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic // Construction Management and Economics. 2000. Vol. 18, Issue 4. Pp. 491–500.
14. Олейник П. П., Бродский В. И. О новых требованиях к организации приемки законченных строительством объектов // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 9. С. 56–60.
15. Журавлев П. А. Цена строительства и этапы ее формирования // Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. 2015. № 9 (104). С. 174–178.
16. Клюев В. Д., Журавлев П. А. Планирование капитального ремонта. Проблемы и пути их решения // Вестник МГСУ. 2011. № 2–2. С. 278.
17. Zhang S., Teizer J., Lee J., Eastman C. M., Venugopal M. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules // Automation in Construction. 2013. Vol. 29 (4). Pp. 183–195.
18. Бовтеев С. В. Применение метода анализа тенденций в контроле сроков инвестиционно-строительного проекта // Вестник гражданских инженеров. 2018. № 6 (71). С. 243–249.

19. Shou W., Wang J., Wang X., Chong H. Y. A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries // Archives of computational methods in engineering. 2015. Vol. 22, Issue 2. Pp. 291–308.

20. Ланидус А. А., Макаров А. Н. Теория нечетких множеств на этапах моделирования организации строительных процессов возведения многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2016. № 6. С. 66–71.

21. Жаров Я. В. Принятие организационно-технологических решений в строительстве на основе технологии многомерного моделирования: дис. ... канд. техн. наук. М., 2014. 143 с.

References

1. Mukhametzyanov Z. R., Razyapov R. V. *Razrabotka organizatsionnykh resheniy na osnove tekhnologicheskogo vzaimodeystviya mezhdru stroitel'nymi rabotami i protsessami* [Development of organizational solutions based on technological interaction between construction works and processes]. *Nauchnyy zhurnal stroitel'stva i arkhitektury – Scientific journal of construction and architecture*, 2018, no. 1 (49), pp. 65–71.

2. Aleksanin A. V. *Voprosy ustoychivogo razvitiya stroitel'stva v rezolyutsii OON* [Issues of sustainable development of construction in the UNO resolution]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova – Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, 2017, no. 7, pp. 28–31.

3. Sborshchikov S. B., Leybman D. M. *Svyazi v sisteme strategicheskogo kontrollinga kak osnova obespecheniya ehffektivnogo kontura upravleniya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nost'yu na korporativnom urovne* [Communications in the system of strategic controlling as a basis for ensuring an effective management circuit of investment and construction activities at the corporate level]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova – Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, 2018, no. 1, pp. 111–116.

4. Volkov A. A., Sborshchikov S. B., Khripko T. V. *Formalizovannoe opisanie protsedury otsenki predlozheniy pretendentov (organizatora stroitel'stva i podryadnykh kompaniy) pri inzhiniringovoy skheme upravleniya* [Formalized description of the procedure for evaluating the proposals of applicants (the organizer of construction and contracting companies) in the engineering management scheme]. *Vestnik MGSU*, 2016, no. 10, pp. 105–111.

5. Mukhametzyanov Z. R., Razyapov R. V. Mechanism of development of organizational solutions based on a technological interaction between construction works

and processes. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*, 2018, no. 3 (39), pp. 85–92.

6. Shinkareva G. N. *Model' inzhiniringovoy skhemy organizatsii stroitel'stva v perspektive zhiznennogo tsikla ob'ektov* [Model of engineering scheme of organization of construction in the perspective of life cycle of objects]. *Vestnik MGSU*, 2018, vol. 13, no. 9 (120), pp. 1090–1105.

7. Belyakova A. P., Kovaleva L. S. *BIM-tekhnologii: preimushchestvo vnedreniya v investitsionno-stroitel'nye proekty rossiyskikh kompaniy* [BIM-technologies: the advantage of implementation in investment and construction projects of Russian companies]. *Ehkonomika i predprinimatel'stvo – Economics and entrepreneurship*, 2017, no. 4–2 (81), pp. 642–647.

8. Aleksanin A. V., Markevich A. I. *Ispol'zovanie additivnykh tekhnologiy pri vozvedenii zdaniy* [Using of additive technologies in the construction of buildings]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova – Bulletin of Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov*, 2017, no. 6, pp. 62–65.

9. Sborshchikov S. B., Lazareva N. V., Zharov Ya. V. *Struktura i sostav sistemotekhnicheskoy modeli ustoychivogo razvitiya investitsionno-stroitel'noy deyatel'nosti* [Structure and composition of the system-technical model of sustainable development of investment and construction activity]. *Vestnik MGSU*, 2014, no. 2, pp. 210–218.

10. Zharov Ya. V. *Mnogomernoe modelirovanie na osnove blochno-klasternoy struktury modeli* [Multidimensional modeling based on the block-cluster structure of the model]. *Nauchnoe obozrenie – Scientific review*, 2015, no. 16, pp. 432–436.

11. Sborshchikov S. B., Zhuravlev P. A., Bakhus E. E. *Nomenklatura rabot i zatrat na obespechenie kachestva stroitel'noy produktsii: metody ee identifikatsii* [Nomenclature of works and costs for quality assurance of construction products: methods of its identification]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2018, no. 3, pp. 76–79.

12. Zharov Ya. V. *Otsenka parametrov organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy na osnove neyrosetevykh modeley* [Estimation of parameters of organizational and technological solutions based on neural network models]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova – Bulletin of Belgorod state technological University named after V. G. Shukhov*, 2018, no. 2, pp. 110–115.

13. Tah J. H. M. and Carr. V. A proposal for construction project risk assessment using fuzzy logic. *Construction Management and Economics*, 2000, vol. 18, issue 4, pp. 491–500.

14. Oleynik P. P., Brodskiy V. I. *O novykh trebovaniyakh k organizatsii priemki zakonchennykh stroitel'stvom ob'ektov* [About new requirements to the organization

of commissioning the objects completed by construction company]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2017, no. 9, pp. 56–60.

15. Zhuravlev P. A. *Tsena stroitel'stva i etapy ee formirovaniya* [The cost of construction and stages of its formation]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Bulletin of Irkutsk State Technical University*, 2015, no. 9 (104), pp. 174–178.

16. Klyuev V. D., Zhuravlev P. A. *Planirovanie kapital'nogo remonta. Problemy i puti ikh resheniya* [Planning of capital repairs. Problems and ways of their solution]. *Vestnik MGSU* 2011, no. 2(2), p. 278.

17. Zhang S. et al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules. *Automation in Construction*, 2013, vol. 29, pp. 183–195.

18. Bovteev S. V. *Primenenie metoda analiza tendentsiy v kontrole srokov investitsionno-stroitel'nogo proekta* [Application of the method of trend analysis at the time control of investment and construction project

implementation]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2018, no. 6 (71), pp. 243–249.

19. Shou W. et al. A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries. *Archives of computational methods in engineering*, 2015, vol. 22, issue 2, pp. 291–308.

20. Lapidus A. A., Makarov A. N. *Teoriya nechetkikh mnozhestv na etapakh modelirovaniya organizatsii stroitel'nykh protsessov vozvedeniya mnogoetazhnykh zdaniy* [Theory of fuzzy sets at the stages of modeling the organization of construction processes of multi-storey building construction]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil construction*, 2016, no. 6, pp. 66–71.

21. Zharov Ya. V. *Prinyatie organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy v stroitel'stve na osnove tekhnologii mnogomernogo modelirovaniya. Diss. kand. tekhn. nauk* [Making organizational and technological decisions in construction based on the technology of multidimensional modeling. PhD in Sci. Tech. diss.]. Moscow, 2014, 143 p.